



TITLE:

Study on behavior of heavy metals in semi-aerobic landfill sites of municipal solid waste incinerator residues( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Xiong, Yiqun

---

CITATION:

Xiong, Yiqun. Study on behavior of heavy metals in semi-aerobic landfill sites of municipal solid waste incinerator residues. 京都大学, 2020, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22427>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2022-04-01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	XIONG YIQUN
論文題目	Study on behavior of heavy metals in semi-aerobic landfill sites of municipal solid waste incinerator residues（都市ごみ焼却残渣の準好気性埋立地における重金属類の挙動に関する研究）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>都市ごみ焼却処理ではごみ中可燃分が無機化され、最終的に灰分が残り、その多くが埋立処分されている。灰分には重金属類が含まれることから埋立地が二次的な環境汚染源としての管理が求められるが、近年資源の集積地との考え方も示され、埋立地内での重金属の分布、挙動の理解が求められている。本論文は、2つの一般廃棄物の埋立地に対してフィールド調査を行うとともに、過去の埋立処分に関する自治体の所有するデータから、都市ごみ焼却残渣主体の準好気性埋立地における重金属類の挙動を検討したもので、7章から成る。</p> <p>第1章は序論であり、廃棄物の埋立地及び埋立地での重金属類の問題等主要な研究背景について述べた後、研究の目的・論文の構成を示している。</p> <p>第2章では広く文献調査を行い、世界における廃棄物発生量、組成、処分や日本における廃棄物管理、さらには埋立、焼却と行った本論文に関連するごみ処理方法について動向をまとめるとともに、本研究の対象である埋立地における重金属類の挙動に関する最新の研究について先行研究を紹介し、整理している。</p> <p>第3章は本研究対象である2つの埋立地（すでに閉鎖している埋立地A、現在稼働中の埋立地B）に対して、地理情報や気候条件、処分場の構造などの情報を示した後、対象とした埋立地におけるボーリングによるサンプリング手法、コアサンプルの位置情報等について示している。</p> <p>第4章は、対象埋立地において9地点でボーリング調査を行い、約100サンプルの埋立処分層の組成、含有される重金属類の分布を調べている。その結果、塩素や硫黄については長年の降雨により洗浄されて濃度が減少していたが、廃棄物層と土壌層において組成は大きく異なり、廃棄物層においてははまだ高濃度の重金属類が含まれていることを明らかにしている。金属元素間の相関を調べたところ、年代の古い埋立地Aについてはカルシウムと重金属類濃度の間に強い相関が認められ、不溶性カルシウム塩が重金属類固定に寄与していることが示唆している。対象埋立地を管理する自治体の記録と測定データを比較することにより、特定の重金属類の環境移動性を示唆している。</p> <p>第5章は、重金属類の環境移動性についてより詳細に調査した結果を示し、潜在的な環境汚染源となる可能性について議論をしている。まず溶出試験を実施し、埋立地内部に留まる重金属類の現状評価を行っている。試料組成に対する統計的解析（主成分分析及びクラスター分析）から年代も考慮した埋立処分層20試料を選択して、逐次抽出法を実施して重金属類の更なる環境移動性を明らかにしている。逐次抽出法からは銅、カドミウム、鉛、亜鉛については酸可溶性画分が高く、将来的に埋立地環境が変化すれば溶出する可能性があることを指摘している。さらに、銅、鉛についてはX線吸収微細構造分析を行い、化学種を同定することを試み、上記の逐次抽出法での環境移動性を説明できることを示し、焼却残渣の埋立経過年数と化学形態の分布において関係性は認められず、エージング効果は大きくないことを示している。</p> <p>第6章は、現在すでに閉鎖している埋立地Aにおいて、自治体の記録データ（搬入さ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	XIONG YIQUN
<p>れた過去の焼却残渣中重金属類等含有量及び浸出水量、浸出水中重金属類等濃度に関するデータ）を詳細に分析することで重金属類のマスバランスを明らかにすることを試みている。pH の変化やカルシウム、塩素の溶出傾向を明らかにし、日本の焼却残渣の埋立地の特徴を示し、1975 年から 2015 年の 40 年間で埋立地から浸出水経由で環境中に放出された割合は、対象とした重金属類の中では水銀が 0.022% と最も高く、銅が 0.0004% で最も低かったことを明らかにしている。</p> <p>第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の課題を述べている。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、都市ごみ焼却残渣主体の準好気性埋立地での重金属類の挙動に注目し、埋立処分層中の重金属類濃度、その環境移動性・化学形態を実地調査するとともに、自治体の記録データを詳細に解析することにより、埋立地における重金属類の安定性、環境移動性について検討したものである。得られた主な成果は以下のとおりである。

1.すでに閉鎖されている埋立地 A 及び稼働中の埋立地 B を対象にボーリング調査を行い、埋立処分層の組成、含有される元素、特に重金属類の分布を調べた。その結果、塩素や硫黄については長年の降雨により洗浄されて濃度が減少することが認められ、準好気性埋立地の特徴を示した。重金属類は同様の傾向は認められず、焼却残渣層に高濃度の重金属類が今も存在することが認められた。しかし、公定法である溶出試験からはほとんど重金属類は溶出することはなく、水系への移動性は低いと推察された。

2. 上記のデータを統計的解析により類型化した後、代表的な 20 サンプルに対して重金属類の環境移動性を逐次抽出法や X 線吸収微細構造分析、走査型電子顕微鏡による観察等により調べた。その結果、逐次抽出法での酸可溶画分の割合が、銅、鉛、カドミウム、亜鉛については高く、将来的に溶出する可能性があることを示した。特に鉛については注意を要することが示された。銅、鉛については X 線吸収微細構造分析からもその傾向が支持された。これらの手法により、埋立地に存在する重金属類の潜在的な環境移動性を示すことができた。

3. 搬入された過去の焼却残渣中重金属類等含有量及び浸出水量、浸出水中重金属類等濃度に関するデータから埋立地 A における重金属類のマスバランス関連情報を整理した。1975 年から 2015 年の 40 年間で埋立地から浸出水経路で環境中に放出された割合は、海外の嫌気性埋立処分地のマスバランスデータと比較して低いことを明らかにした。また、浸出水中塩素濃度の経時的な低下も明らかにし、上記の埋立層調査の結果が支持された。

以上、本研究は、日本で広く用いられている都市ごみ焼却残渣主体の準好気性埋立地における重金属類の挙動をフィールド調査と自治体管理データから実証的に明らかにしたものである。埋立地内部の重金属類量を調査し、重金属類のマスバランスを明らかにした研究は国内外をみても極めて少なく、また、その潜在的環境移動性を明らかにした成果は今後の埋立地の管理における基礎的な知見を示し、持続可能な廃棄物処理・処分に貢献するものである。

したがって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 2 年 2 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、（令和 4 年 3 月 31 日までの間）当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 2020 年 3 月 23 日以降